饲粮中消化能、粗蛋白质和粗纤维水平对育肥苏姜猪生长性能、胴体性状和肉品质的影响[1]

周根来[1,2]　赵旭庭[1*]　陶　勇[1,3]　殷洁鑫[1]　任善茂[1]　倪黎纲[1]　张君胜[1]　周春宝[1]

（1.江苏农牧科技职业学院，泰州 225300；2.江苏省现代畜牧与新兽药工程技术中心，泰州 225300；3.江苏苏姜种猪有限公司，泰州 225300）

摘　要：本试验旨在研究饲粮中消化能、粗蛋白质和粗纤维水平对育肥苏姜猪生长性能、胴体性状及肉品质的影响。试验选用162头体重(50.49±4.78) kg的苏姜猪，随机分为9组，每组3个重复，每个重复6头(公母各占1/2)。采用3因素3水平正交试验设计，消化能水平分别为11.64、12.24、12.84 MJ/kg，粗蛋白质水平分别为12%、13%、14%，粗纤维水平分别为5%、8%、11%，配制9种饲粮。预试期7 d，正试期42 d。结果显示：1）11.64 MJ/kg消化能组平均日采食量（ADFI）显著高于12.24、12.84MJ/kg消化能组（$P<0.05$）；饲粮消化能水平对试验猪的平均日增重（ADG）、料重比（F/G）无显著影响（$P>0.05$）。饲粮粗蛋白质水平对试验猪的ADG、ADFI和F/G均无显著影响（$P>0.05$）。8%和11%粗纤维组的ADG、ADFI、F/G分别显著高于（$P<0.05$）、极显著高于（$P<0.01$）、极显著低于（$P<0.01$）5%粗纤维组。2）12.24 MJ/kg消化能组屠宰率和胴体长显著高于11.64 MJ/kg消化能组（$P<0.05$）；11%粗纤维组平均背膘厚极显著低于5%粗纤维组（$P<0.01$）。3）12.84 MJ/kg消化能组的肌肉红度值极显著高于11.64和12.24 MJ/kg消化能组（$P<0.01$）；13%粗蛋白质组肌肉$pH_{24\ h}$显著低于12%粗蛋白质组（$P<0.05$）；8%和11%粗纤维组肌肉内脂肪含量极显著低于5%粗纤维组（$P<0.01$）。综合考虑上述因素，育肥苏姜猪饲粮中消化能、粗蛋白质、粗纤维的适宜水平分别为12.84 MJ/kg、12%、11%。

关键词：苏姜猪；消化能水平；粗蛋白质水平；粗纤维水平；生长性能；胴体性状；肉品质

中图分类号：S816　　文献标识码：A　　文章编号：

苏姜猪新品种通过杂交、横交固定，历时 17 年 6 个世代选育培育而成，于 2013 年 7 月通过了农业部畜禽遗传资源委员会的审定[1]。苏姜猪具有良好的生长、胴体和肉质性能，继承了父本杜洛克饲料利用率高、瘦肉率高和生长速度快的优点，同时保持了姜曲海猪肉质

收稿日期：2018-02-03

基金项目：国家发展和改革委员会生物育种能力建设与产业化专项项目补助资金（动物育种领域）；江苏省农业三新工程项目（SXGC[2017]188）；江苏农牧科技职业学院院级科研项目（NSF201602）

作者简介：周根来（1979-），男，江苏姜堰人，副教授，硕士，主要从事猪营养生理与饲料资源开发研究。E-mail: glarechou@hotmail.com

*通信作者：赵旭庭，教授，E-mail: jsfdyc@163.com

优良、肌内脂肪含量高、耐粗饲的特点。但是，对苏姜猪肉品质还缺乏客观科学的评定，有关其营养需要和耐粗饲能力的研究也很少见。一般评定猪肉品质的主要指标包括肉色、pH、大理石评分、剪切力、滴水损失率和肌内脂肪含量等。影响猪肉品质的饲粮因素主要有原料类型、饲喂方式、饲料添加剂和营养水平[2]。饲粮中不同水平的能量、粗蛋白质和氨基酸、粗纤维、微量矿物元素均会影响到猪肉的口感和风味。而育肥阶段猪的营养沉积水平更易受饲粮的直接影响，因此可通过调控饲粮营养水平来改善猪的生长性能和胴体性状。戎婧等[3]研究了不同粗纤维水平对淮猪肉品质的影响，发现高纤维饲粮显著提高了淮猪肌肉的嫩度。Rotz[4]的研究表明饲粮粗蛋白质水平能够影响肌肉蛋白质的沉积，从而影响肉品质。但是，目前的研究主要偏重于单个营养物质对猪肉品质的影响[5-6]，而对多个营养物质对猪肉品质的影响还缺乏综合性的评价研究。与此同时，尚没有苏姜猪营养需要量的相关报道。鉴于此，本试验拟以育肥苏姜猪为研究对象，分析饲粮不同消化能、粗蛋白质和粗纤维水平对其生长性能、胴体性状和肉品质的影响，旨在为苏姜猪饲养标准制订和节粮型饲粮配制提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 试验动物

选择胎次、断奶日龄及年龄基本相近，体重为(50.49±4.78) kg 的健康苏姜猪 162 头作为试验动物。

1.2 试验设计

将选用的苏姜猪按公母比为 1：1 的比例随机分为 9 组，每组 3 个重复，每个重复 6 头猪。采用 3 因素 3 水平的 $L_9(3^4)$正交试验设计（表 1），参照中国《猪饲养标准》(NY/T 65-2004)中瘦肉型猪的营养需要和猪场前期饲养经验，设定 3 个消化能水平分别为 11.64、12.24、12.84 MJ/kg，3 个粗蛋白质水平分别为 12%、13%、14%，3 个粗纤维水平分别为 5%、8%、11%，以此为基础设计 9 种饲料配方，分别作为 9 组试验猪的饲粮。除消化能、粗蛋白质和粗纤维水平外，各组饲粮其他营养水平相同，饲粮组成及营养水平见表 2。饲养试验于 2017 年 3—5 月在江苏苏姜种猪有限公司进行，试验前按常规程序对饲养器具及栏舍进行消毒处理。试验期间试验猪自由采食、自由饮水，常规饲养管理。预试期 7 d，正试期 42 d。

表1 试验设计

Table 1 Experimental design

组别 Groups	消化能 DE/(MJ/kg)	粗蛋白质 CP/%	粗纤维 CF/%
1	11.64	12	5
2	11.64	13	8
3	11.64	14	11
4	12.24	12	8
5	12.24	13	11
6	12.24	14	5
7	12.84	12	11
8	12.84	13	5
9	12.84	14	8

表2 饲粮组成及营养水平（风干基础）

Table 2 Composition and nutrient levels of diets (air-dry basis) %

项目	组别 Groups								
Items	1	2	3	4	5	6	7	8	9
原料 Ingredients									
玉米 Corn	59.21	56.28	45.61	55.15	42.30	64.19	51.36	63.16	50.35
小麦麸 Wheat bran	20.00	3.49				3.74			
米糠 Rice bran		6.22	6.87	10.41	10.07	2.23		6.52	6.10
大豆粕 Soybean meal	1.29	5.00	5.00	5.00	5.99	5.00	11.05	5.00	5.83
菜籽粕 Rapeseed meal	7.28	8.20	11.75	5.62	7.36	13.29	0.00	10.75	12.71
大豆油 Soybean oil			2.45	2.13	5.00		6.00	2.11	5.00
苜蓿草粉 Alfalfa meal	6.26	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	3.57	5.00	5.00
大豆皮 Soybean hull	0.00	10.08	17.82	10.90	18.71	0.83	22.00	1.66	9.43
石粉 Limestone	1.00	0.91	0.75	0.95	0.80	0.95	0.20	0.99	0.84
磷酸氢钙 $CaHPO_4$							1.00		
盐 NaCl	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
L-赖氨酸盐酸盐 *L*-Lys·HCl	0.54	0.43	0.38	0.45	0.39	0.40	0.41	0.43	0.37
DL-蛋氨酸 *DL*-Met	0.12	0.09	0.07	0.09	0.08	0.07	0.11	0.08	0.07
预混料 Premix[1)]	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
合计 Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
营养水平 Nutrient levels[2)]									
消化能 DE/(MJ/kg)	11.64	11.64	11.64	12.24	12.24	12.24	12.67	12.84	12.84
粗蛋白质 CP	12.00	13.00	14.00	12.00	13.00	14.00	12.00	13.00	14.00
粗纤维 CF	5.00	8.00	11.00	8.00	11.00	5.00	10.80	5.00	8.00
赖氨酸 Lys	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84
蛋氨酸 Met	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
钙 Ca	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.51	0.55	0.55
总磷 TP	0.44	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42

[1)]预混料为每千克饲粮提供The premix provided the following per kg of diets：Fe 60 mg，Cu 6 mg，Zn 60 mg，Mn 10 mg，I 0.3mg，Se 0.3 mg，VA 6 000 IU，VD_3 400 IU，VE 10 IU，VK_3 2 mg，VC 20 mg，VB_1 1 mg，VB_2 6.4 mg，VB_6 2.4 mg，VB_{12} 0.02 mg，生物素 biotin 0.2 mg，叶酸 folic acid 0.2 mg，*D*-泛酸 *D*-pantothenic acid 10 mg，烟酸 nicotinic acid 14 mg。

2)营养水平为计算值。Nutrient levels were calculated values.

1.3 测定指标及方法

1.3.1 生长性能

在以重复为单位，于正试期开始和结束当日08:00称量猪空腹体重，以重复为单位记录日采食量，计算育肥阶段苏姜猪平均日增重(ADG)、平均日采食量(ADFI)和料重比(F/G)。

1.3.2 胴体性状

从每组随机选取6头苏姜猪，空腹24 h（期间自由饮水）后进行屠宰，参照NY/T 825—2004《瘦肉型猪胴体性状测定技术规范》[7]进行样品的采集和测定，测定的指标有胴体重、屠宰率、板油比例、平均背膘厚、胴体长和眼肌面积。

1.3.3 肉品质

试验猪屠宰后，样品的采集和肌肉$pH_{24\ h}$、肉色、滴水损失率和剪切力的测定参照NY/T 1333—2007《畜禽肉质的测定》[8]进行。肌肉新鲜面对照大理石纹评分图(NPPC，1991)进行大理石评分，分值为1～5分。肌内脂肪含量的测定参照GB 5009.6—2016《食品中脂肪的测定》[9]进行。

1.4 数据处理与统计分析

试验数据先用Excel 2007软件进行初步统计，再用SPSS 19.0统计软件对试验数据进行正交设计方差分析，并用Duncan氏法对各观测值进行多重比较。最终结果以平均值和标准差表示，P＜0.05和P＜0.01分别表示差异显著和极显著。

2 结果与分析

2.1 饲粮消化能、粗蛋白质和粗纤维水平对育肥苏姜猪生长性能的影响

由表3可知，饲粮消化能水平对试验猪的ADG、F/G无显著影响（P＞0.05）；ADFI以11.64 MJ/kg消化能组最高，极显著高于12.24、12.84 MJ/kg消化能组（P＜0.01）。饲粮粗蛋白质水平对试验猪的ADG、ADF和F/G均无显著影响（P＞0.05）。8%、11%粗纤维组的ADG显著高于5%粗纤维组（P＜0.05），8%、11%粗纤维组的ADFI极显著高于5%粗纤维组（P＜0.01），且8%、11%粗纤维组的F/G极显著低于5%粗纤维组（P＜0.01），而8%、11%粗纤维组之间ADG、ADF和F/G差异均不显著（P＞0.05）。

表3 育肥苏姜猪的生长性能

Table 3 Growth performance of fattening *Sujiang* pigs

项目	水平	平均日增重	平均日采食量	料重比

Items	Levels	ADG/(kg/d)	ADFI/(kg/d)	F/G
消化能 DE/(MJ/kg)	11.64	0.77±0.13	2.25±0.13^{Aa}	2.99±0.51
	12.24	0.79±0.05	2.15±0.12^{Bb}	2.73±0.32
	12.84	0.77±0.07	2.13±0.15^{Bb}	2.83±0.45
粗蛋白质 CP/%	12	0.77±0.08	2.18±0.17	2.86±0.45
	13	0.77±0.09	2.20±0.12	2.90±0.46
	14	0.78±0.11	2.14±0.13	2.78±0.43
粗纤维 CF/%	5	0.71±0.06^{b}	2.32±0.10^{Aa}	3.30±0.27^{Aa}
	8	0.81±0.06^{a}	2.10±0.10^{Bb}	2.62±0.27^{Bb}
	11	0.81±0.09^{a}	2.10±0.08^{Bb}	2.62±0.32^{Bb}

同列同一项目，数据肩标不同小写字母表示差异显著(P＜0.05)，肩标不同大写字母表示差异极显著(P＜0.01)，无肩标或肩标相同字母表示差异不显著(P＞0.05)。下表同。

In the same column and the same item, values with different small letter superscripts mean significant difference (P＜0.05), and with different capital letter superscripts mean extremely significant difference (P＜0.01), while with no letter or the same letter superscripts mean no significant difference (P＞0.05). The same as below.

2.2 饲粮消化能、粗蛋白质和粗纤维水平对育肥苏姜猪胴体性状的影响

由表4可知，饲粮消化能水平对试验猪的胴体重、板油比例、平均背膘厚和眼肌面积均没有显著影响（P＞0.05）。12.24 MJ/kg代谢能组的屠宰率和胴体长最高，均显著高于11.64 MJ/kg代谢能组（P＜0.05），而与12.84 MJ/kg代谢能组没有显著差异（P＞0.05）。饲粮粗蛋白质水平对试验猪各胴体性状指标均无显著影响（P＞0.05）。随着饲粮粗纤维水平的提高，试验猪的平均背膘厚有下降趋势，其中11%粗纤维组极显著低于5%粗纤维组（P＜0.01），而其他胴体性状指标各粗纤维组之间没有显著差异（P＞0.05）。

表4　育肥苏姜猪的胴体性状

Table 4　Carcass traits of fattening *Sujiang* pigs

项目 Items	水平 Levels	胴体重 Carcass weight/kg	屠宰率 Dressing percentage/%	板油比例 Proportion of leaf fat/%	平均背膘厚 Average back fat thickness/cm	胴体长 Carcass length/cm	眼肌面积 Loin-eye area/cm^2
消化能 DE/(MJ/kg)	11.64	53.40±5.86	69.31±3.37^{b}	1.67±0.56	2.59±0.48	74.64±2.45^{b}	16.65±3.34
	12.24	57.48±8.26	72.00±1.84^{a}	1.84±0.68	2.62±0.72	76.71±2.83^{a}	16.37±3.51
	12.84	56.54±7.51	71.12±4.55^{ab}	1.93±0.61	2.61±0.60	75.15±3.10^{ab}	17.07±3.79
粗蛋白质 CP/%	12	53.43±8.05	70.50±3.59	1.76±0.65	2.45±0.59	75.33±3.10	16.32±3.25
	13	56.96±6.73	70.96±4.22	1.74±0.43	2.62±0.59	75.71±2.69	16.61±4.52
	14	57.03±7.04	70.99±2.93	1.94±0.74	2.76±0.61	75.46±3.03	16.66±2.69
粗纤维 CF/%	5	53.06±7.54	71.74±3.44	1.91±0.61	2.91±0.58^{Aa}	76.44±2.63	16.84±3.73
	8	52.79±6.92	69.93±4.08	1.60±0.54	2.64±0.42^{ABab}	75.17±2.90	16.15±3.77
	11	54.02±5.14	70.78±3.04	1.94±0.67	2.27±0.62^{Bb}	74.90±3.05	16.59±3.15

2.3 饲粮消化能、粗蛋白质和粗纤维水平对育肥苏姜猪肉品质的影响

由表 5 可知，除 12.84 MJ/kg 消化能组的红度值极显著高于 11.64 和 12.24 MJ/kg 消化能

组（P<0.01）外，饲粮消化能水平对试验猪的其他肉质指标均没有显著影响（P>0.05）。除 13%粗蛋白质组的 $pH_{24\ h}$ 显著低于 12%粗蛋白质组（P<0.05）外，饲粮粗蛋白质水平对试验猪的其他肉质指标均没有显著影响（P>0.05）。除 8%和 11%粗纤维组的肌内脂肪含量极显著低于 5%粗纤维组（P<0.01）外，饲粮粗纤维水平对试验猪的其他肉质指标均没有显著影响（P>0.05）。

表5　育肥苏姜猪的肉品质

Table 5　Meat quality of fattening *Sujiang* pigs

项目 Items	水平 Levels	pH_{24h}	亮度值 L^* value	红度值 a^* value	黄度值 b^* value
消化能 DE/(MJ/kg)	11.64	6.47±0.07	43.34±3.69	12.88±2.08^{Bb}	19.41±1.14
	12.24	6.52±0.11	43.91±2.79	12.99±2.16^{Bb}	20.57±1.64
	12.84	6.49±0.08	44.36±2.79	14.80±1.58^{Aa}	20.27±1.59
粗蛋白质 CP/%	12	6.53±0.11^{a}	42.85±3.37	13.39±1.94	19.65±1.74
	13	6.46±0.07^{b}	43.83±3.30	14.23±2.00	20.16±1.51
	14	6.48±0.08^{ab}	44.92±2.28	13.05±2.33	20.45±1.29
粗纤维 CF/%	5	6.49±0.07	44.62±3.47	13.41±2.27	20.06±1.47
	8	6.52±0.13	43.91±3.40	13.22±2.33	20.32±1.64
	11	6.46±0.06	43.07±2.21	14.05±1.72	19.87±1.53

项目 Items	水平 Levels	大理石评分 Marble score	滴水损失率 Drip loss rate/%	剪切力 Shear force/kg	肌内脂肪含量 Intramuscular fat content/%
消化能 DE/(MJ/kg)	11.64	2.82±0.68	24.57±5.64	5.48±0.95	15.12±3.91
	12.24	2.46±0.99	24.75±2.99	6.10±1.44	13.90±2.76
	12.84	2.41±0.70	25.30±4.65	5.82±1.29	15.50±3.05
粗蛋白质 CP/%	12	2.63±0.76	24.27±5.23	5.97±1.46	14.55±2.78
	13	2.41±0.83	25.57±3.91	5.97±0.92	15.00±3.45
	14	2.66±0.85	24.78±4.38	5.46±1.29	14.98±3.74
粗纤维 CF/%	5	2.67±0.92	25.61±5.19	5.91±1.19	17.06±2.53^{Aa}
	8	2.52±0.60	24.39±4.22	5.94±1.52	13.99±2.36^{Bb}
	11	2.50±0.89	24.63±4.14	5.55±1.01	13.48±3.71^{Bb}

3　讨　论

苏姜猪作为新培育的优良瘦肉型猪种，其营养需要和饲养标准缺乏深入研究。本试验在中国《猪饲养标准》的基础上，首次研究不同消化能、粗蛋白质和粗纤维水平的饲粮对育肥阶段苏姜猪生长性能、胴体性状和肉品质的影响，以探究其适宜的营养需要量。不同品种和养殖条件的猪，其获得较高的生产水平和优质的猪肉产品所需要的营养水平也不尽相同。

3.1　饲粮消化能、粗蛋白质和粗纤维水平对育肥苏姜猪生长性能的影响

饲粮营养是除遗传和环境之外影响猪生长性能的关键因素，而消化能水平又是其中的重

要因素之一。许多研究报道表明，猪的采食量受到饲粮能量水平的影响，随着饲粮能量水平的提高，猪采食量逐渐降低[10-12]。本研究得到了与此一致的结论，随着饲粮消化能水平由 11.64 MJ/kg 提高至 12.24 MJ/kg，育肥苏姜猪的 ADG 显著降低。有研究认为，饲粮能量水平提高后可提高血液中瘦素浓度，进而抑制下丘脑神经肽 Y 的分泌以调节采食量[13]。Zou 等[11]和杨小婷[12]研究发现猪饲粮消化能水平提高后 F/G 降低，李登赴等[14]试验表明提高饲粮能量水平后可以提高高坡猪的 ADG 并降低 F/G。而本研究中提高饲粮消化能水平对育肥苏姜猪的 ADG 没有产生显著影响，F/G 有下降趋势但影响也不显著，这可能是品种差异和消化能水平设置范围所导致的。从生长性能角度建议育肥苏姜猪饲粮消化能水平为 12.24 MJ/kg。

根据氨基酸平衡理论，降低饲粮粗蛋白质水平并补充合成氨基酸后不影响动物的生长性能[15]。同时，低蛋白质饲粮可以降低饲养成本，减少氮污染排放[16]。众多研究表明，在氨基酸平衡条件下，降低饲粮中粗蛋白质水平对猪的 ADG、ADFI 和 F/G 没有显著影响[5,17]。本研究得到与此一致的结果，在饲粮赖氨酸和蛋氨酸含量相同的条件下，饲粮粗蛋白质水平由 14%下降至 12%时，苏姜育肥猪的生长性能无显著变化。但杨小婷[12]的研究显示饲粮粗蛋白质水平由 14%降至 12%时，肥育期圩猪的 ADG 降低、F/G 提高；Tuitoek 等[18]研究亦表明降低饲粮蛋白质水平并补充赖氨酸等后生长育肥猪的 ADG 降低、F/G 提高。造成上述报道与本试验结果存在差异的原因可能是除饲粮粗蛋白质水平外，猪的生长性能还受到品种、生长阶段、氨基酸补充模式等因素的影响。综合生长性能、饲料成本和低氮减排等因素，建议育肥苏姜猪饲粮粗蛋白质水平为 12%。

猪在饲粮能量水平得到满足的条件下能够耐受较高水平的粗纤维[19]。育肥猪盲肠中有较多的纤维分解菌，可以将粗纤维发酵形成挥发性脂肪酸，能满足猪 5%～30%的能量需要[20]。本研究发现，饲粮粗纤维水平由 5%提高至 11%时，育肥苏姜猪的 ADFI 极显著降低，这与张秋华等[6]的研究结论一致。采食量下降可能是由于纤维含量过高导致饲粮适口性下降，同时高饱腹感的纤维让消化道没有空间容纳[21]。本试验结果还表明饲粮粗纤维水平的提高有助于改善育肥苏姜猪的生长性能，而有研究认为随着粗纤维水平提高，猪的 ADG 降低、F/G 提高[22]。不同研究结果存在差异可能与猪的品种、生长阶段、饲粮纤维来源和饲粮组成等有关。苏姜猪具有 37.5%的地方猪血统，继承了培育母本姜曲海猪的耐粗饲特性。有

报道称辽宁黑猪、陆川猪饲粮粗纤维水平分别可达10%[20]、10.5%[23]，这与本试验中设定的最高粗纤维水平11%接近。适宜的饲粮粗纤维水平能维持肠胃正常蠕动，刺激胃肠道发育[24]。本试验设计的最高粗纤维水平组取得最佳生长性能，揭示苏姜猪具有耐粗饲优势，但进一步提高其粗纤维水平后的生长效果以及苏姜猪的纤维利用机制均值得深入研究。综上，苏姜育肥猪的饲粮粗纤维水平可设定为11%。

3.2 饲粮消化能、粗蛋白质和粗纤维水平对育肥苏姜猪胴体性状的影响

猪的胴体性状主要包括胴体重、屠宰率、板油比例、平均背膘厚、胴体长和眼肌面积。本研究发现，饲粮消化能水平由11.64 MJ/kg提高到12.24 MJ/kg时，育肥苏姜猪的屠宰率和胴体长显著提高，这与Beaulieu等[25]的报道基本一致。同时，本研究结果还表明提高饲粮消化能水平对背膘厚、眼肌面积等胴体性状指标没有显著影响，这与周招洪等[26]的研究结论一致。但Apple等[27]研究表明，增加饲粮能量水平可使猪胴体重增加，腰椎处和第10肋骨背膘厚增加；李梦云等[28]研究表明，提高饲粮能量水平后三元杂猪的眼肌面积、瘦肉率有提高趋势。这些研究结论不尽相同，可能与猪肌肉发育规律、生长发育时间、屠宰体重、能量来源、能量设置水平等有关。从胴体性状角度考虑，育肥苏姜猪饲粮消化能水平仍以12.24 MJ/kg为宜。

饲粮蛋白质是猪胴体组织组成和更新的主要原料。研究表明，增加饲粮粗蛋白质水平可促进机体的蛋白质沉积。李梦云等[28]研究表明，提高饲粮粗蛋白质水平有提高猪瘦肉率、眼肌面积的趋势；葛长荣等[29]研究报道，随着饲粮粗蛋白质水平的降低，乌金猪的瘦肉率和眼肌面积降低。但是李宁等[5]、霍永久等[30]的研究均认为，低蛋白质平衡氨基酸饲粮对生长育肥猪的胴体性状无显著影响。本试验同样发现饲喂不同粗蛋白质水平（12%～14%）的饲粮对育肥苏姜猪各胴体性状指标均没有显著影响。因此，从胴体性状来看，育肥苏姜猪饲粮的粗蛋白质水平也可设定为12%。

有研究表明，猪在肥育后期增加饲粮粗纤维水平可减少脂肪沉积，改善胴体性状[20]。本试验进一步验证了这个结论，当饲粮粗纤维水平由5%提高至11%后，育肥苏姜猪的平均背膘厚显著下降。张秋华等[6]研究表明，提高饲粮粗纤维水平后显著降低了育肥猪背膘厚和板油比例，从而改善了其胴体性状，这与本研究结果一致。但随着饲粮粗纤维水平的提高，猪的屠宰率总体下降[12]，分析认为可能是由于粗纤维刺激胃肠发育，消化道重量和容积增

加及其残留食糜增多而引起[31]。因此，提高饲粮粗纤维水平不仅节约饲料成本，还能有效提高猪的胴体性状，从胴体性状角度考虑，育肥苏姜猪饲粮粗纤维水平以11%为宜。

3.3　饲粮消化能、粗蛋白质和粗纤维水平对育肥苏姜猪肉品质的影响

饲粮营养水平会对肉色、pH、滴水损失率、剪切力等肉品质产生影响[32]。肉色是猪肉重要的感官品质，其中红度表示从红色到绿色的变化，数值越大表示肉品质越好。本试验发现，饲粮消化能水平对滴水损失率、肌内脂肪含量等多数肉品质指标无显著影响，但饲喂代谢能水平为12.84 MJ/kg饲粮的试验猪肌肉红度值显著高于代谢能水平为11.64和12.24 MJ/kg饲粮的试验猪，表明高代谢能水平饲粮可改变育肥苏姜猪的肉色，这与李登赴等[14]的研究结果相同。肉色与屠宰后肌糖原的酵解速度有关，主要由肌肉中肌红蛋白的化学特性决定，而肌红蛋白受多种因素的影响，使肉色呈现由灰白到暗红色的差异[2]。综上，单从肉品质指标分析，育肥苏姜猪饲粮适宜的消化能水平为12.84 MJ/kg。

提高饲粮粗蛋白质水平可提高猪肉的系水力和剪切力，但粗蛋白质水平过高又会影响猪肉的嫩度、多汁性和风味[32]。Apple等[33]最新研究发现氨基酸平衡的低蛋白质饲粮对猪的肉色、系水力等肉品质指标没有产生显著影响。本研究发现，饲粮粗蛋白质水平对育肥苏姜猪肉色、滴水损失率、剪切力、大理石评分和肌内脂肪含量无显著影响，但提高粗蛋白质水平降低了猪肉的$pH_{24\ h}$，这一结论与杨小婷[12]的研究结果一致。$pH_{24\ h}$受猪品种、肌肉类型、遗传因子、糖原水平、各种酶活性和肌肉缓冲能力的影响[2]。高粗蛋白质水平的饲粮可能导致肌肉中沉积的糖原增多，由肌肉糖原产生的乳酸也增多，最终使pH降低[2]。不同粗蛋白质水平组育肥苏姜猪的肉品质差异不大，出于成本和减排考虑，建议育肥苏姜猪饲粮粗蛋白质水平为12%。

肌内脂肪含量是影响猪肉的嫩度、多汁性和风味的重要因素。本试验结果表明，育肥苏姜猪饲粮粗纤维水平由5%提高至8%～11%时，猪肉中肌内脂肪含量显著降低，与之前降低平均背膘厚的试验结果保持一致，这也与张秋华等[6]的报道一致。这可能是因为提高饲粮粗纤维水平使得育肥猪脂肪细胞中脂肪沉积量减少，从而导致肌内脂肪含量减少[6]。但本试验同时发现提高饲粮粗纤维水平对除肌内脂肪含量之外的肉品质指标均没有显著影响。猪肉品质不仅与肌内脂肪含量有关，还与肌肉中具体脂肪酸组成、肌苷酸和氨基酸等风味物质含量等有关[34]。郭建风等[35]研究同样发现提高饲粮粗纤维水平显著降低了烟台黑猪肌内脂肪含

量，但酪氨酸、苯丙氨酸以及亚油酸的含量均显著提高，认为粗纤维水平过高虽降低肌内脂肪含量，但不影响猪肉的整体品质。Cho 等[36]研究认为，饲粮粗纤维水平提高至 16%时尽管影响了猪的生长性能，但有益于改善猪肉品质。因此，育肥苏姜猪饲粮中粗纤维水平可至 11%。

4 结 论

在本试验条件下，育肥苏姜猪表现出优良的耐粗饲能力，饲粮消化能、粗蛋白质、粗纤维水平分别以 12.24 MJ/kg、12%、11%为宜。

参考文献：

[1] 倪黎纲,赵旭庭,周春宝,等.苏姜猪世代选育中生长、胴体和肉质性能的测定分析[J].畜牧与兽医,2015,47(1):45–47.

[2] 周光宏.肉品学[M].北京:中国农业科技出版社,1999.

[3] 戎婧,季香,姜建兵,等.不同粗纤维水平的饲粮对肥育淮猪肉质的影响[J].养猪,2011(1):41–42.

[4] ROTZ C A.Management to reduce nitrogen losses in animal production[J].Journal of Animal Science,2004,82（Suppl.E）:E119–E137.

[5] 李宁,谢春元,曾祥芳,等.饲粮粗蛋白质水平和氨基酸平衡性对肥育猪生长性能、胴体性状和肉品质的影响[J].动物营养学报,2018,30(2):498–506.

[6] 张秋华,杨在宾,杨维仁,等.饲粮粗纤维水平对育肥猪生产性能和胴体性能及肉品质的影响[J].中国畜牧杂志,2014,50(9):36–40.

[7] 中华人民共和国农业部.NY/T 825—2004 瘦肉型猪胴体性状测定技术规范[S].北京:中国标准出版社,2004.

[8] 中华人民共和国农业部.NY/T 1333—2007 畜禽肉质的测定[S].北京:中国标准出版社,2007.

[9] 国家卫生和计划生育委员会,国家食品药品监督管理总局.GB 5009.6—2016 食品中脂肪的测定[S].北京:中国标准出版社,2017.

[10] BEE G,GEBERT S,MESSIKOMMER R.Effect of dietary energy supply and fat source on the fatty acid pattern of adipose and lean tissues and lipogenesis in the pig[J].Journal of Animal Science,2002,80(6):1564–1574.

[11] ZOU T D,MAO X B,YU B,et al.Effects of dietary energy density and apparent ileal digestible lysine:digestible energy ratio on growth performance,meat quality,and peroxisome proliferator-activated receptor γ (*PPARγ*) gene expression of muscle and adipose tissues in

Landrace×*Rongchang* crossbred pigs[J].Livestock Science,2014,167:219–226.

[12] 杨小婷.饲粮蛋白、能量和纤维水平对圩猪生产性能、肉质和血清生化指标的影响[D].硕士学位论文.合肥:安徽农业大学,2013.

[13] 李珂.高脂日粮诱导肥胖表型猪相关基因差异表达分析及分子网络构建[D].博士学位论文.雅安:四川农业大学,2011.

[14] 李登赴,万津,徐兵,等.品种和营养水平对猪生长性能、胴体性状和肉质的影响[J].动物营养学报,2016,28(3):872–880.

[15] CHEN H Y,YI X W,ZHANG G J,et al.Studies on reducing nitrogen excretion: Ⅰ .Net energy requirement of finishing pigs maximizing performance and carcass quality fed low crude protein diets supplemented with crystalline amino acids[J].Journal of Animal Science and Biotechnology,2011,79(2):84–93.

[16] PRANDINI A,SIGOLO S,MORLACCHINI M,et al.Microencapsulated lysine and low-protein diets:effects on performance,carcass characteristics and nitrogen excretion in heavy growing-finishing pigs[J].Journal of Animal Science,2013,91(9):4226–4234.

[17] HONG J S,LEE G I,JIN X H,et al.Effect of dietary energy levels and phase feeding by protein levels on growth performance,blood profiles and carcass characteristics in growing-finishing pigs[J].Journal of Animal Science and Technology,2016,58(1):37.

[18] TUITOEK J K,YOUNG L G,DE LANGE C F M,et al.The effect of reducing excess dietary amino acids on growing-fishing pig performance:an elevation of the ideal protein concept[J].Journal of Animal Science,1997,75(6):1575–1583.

[19] 杨玉芬,卢德勋,许梓荣,等.日粮纤维对肥育猪生产性能和胴体品质的影响[J].福建农林大学学报,2002,31(3):366–369.

[20] 王召林.不同水平、不同来源粗饲料对辽宁黑猪生长性能、屠宰性能及肉品质的影响[D].硕士学位论文.保定:河北农业大学,2015.

[21] KYRIAZAKIS I,EMMANS G C.The voluntary feed intake of pigs given feeds based on wheat bran,dried citrus pulp and grass meal,in relation to measurements of feed bulk[J].British Journal of Nutrition,1995,73(2):191–207.

[22] 尹佳.不同纤维源对猪生长性能、养分消化率和肉品质的影响[D].硕士学位论文.雅安：四川农业大学，2012.

[23] 张家富.陆川猪若干种质特性基础研究[D].硕士学位论文.南宁:广西大学,2012.

[24] HERMES R G,MOLIST F,YWAZAKI M,et al.Effect of dietary level of protein and fiber

on the productive performance and health status of piglets[J].Journal of Animal Science,2009,87(11):3569–3577.

[25] BEAULIEU A D,WILLIAMS N H,PATIENCE J F,et al.Response to dietary digestible energy concentration in growing pigs fed cereal grain-based diets[J].Journal of Animal Science,2009,87(3):965–976.

[26] 周招洪,陈代文,郑萍,等.饲粮能量和精氨酸水平对育肥猪生长性能、胴体性状和肉品质的影响[J].中国畜牧杂志,2013,49(15):40–45.

[27] APPLE J K,MAXWELL C V,BROWN D C,et al.Effects of dietary lysine and energy density on performance and carcass characteristics of finishing pigs fed ractopamine[J].Journal of Animal Science,2004,82(11):3277–3287.

[28] 李梦云,陈代文,张克英.日粮营养水平对猪胴体品质和肉质性状的影响[J].饲料研究,2008(12):30–31,45.

[29] 葛长荣,赵素梅,张曦,等.不同日粮蛋白水平对乌金猪生长性能和胴体品质的影响[J].畜牧兽医学报,2008,39(11):1499–1509.

[30] 霍永久,占今舜,余同水,等.饲粮不同蛋白水平对淮猪生长性能、肉品质和血清生化指标的影响[J].草业学报,2015,24(6):133–141.

[31] 戎婧,季香,姜建兵,等.日粮粗纤维水平对淮猪生长与屠宰性能的影响[J].畜牧与兽医,2011,43(11):37–39.

[32] 张克英,陈代文,胡祖禹.影响猪肉品质的主要因素[J].四川农业大学学报,2002,20(1):67–74.

[33] APPLE J K,MAXWELL C V,BASS B E,et al.Effects of reducing dietary crude protein levels and replacement with crystalline amino acids on growth performance,carcass composition,and fresh pork quality of finishing pigs fed ractopamine hydrochloride[J].Journal of Animal Science,2017,95(11):4971–4985.

[34] CHEN H Y,LEWIS A J,MILLER P S,et al.The effect of excess protein on growth performance and protein metabolism of finishing barrows and gilts[J].Journal of Animal Science,1999,77(12):3238–3247.

[35] 郭建凤,刘雪萍,王彦平,等.不同粗纤维水平饲粮对烟台黑猪肥育性能及胴体肉品质的影响[J].养猪,2015(2):49–53.

[36] CHO J H,LEE S I,KIM I H.Effects of different levels of fibre and benzoic acid on growth performance,nutrient digestibility,reduction of noxious gases,serum metabolites and meat

quality in finishing pigs[J].Journal of Applied Animal Research,2015,43(3):336–344.

Effects of Dietary Digestible Energy, Crude Protein and Crude Fiber Levels on Growth Performance, Carcass Traits and Meat Quality of Fattening *Sujiang* Pigs[i]

ZHOU Genlai[1,2] ZHAO Xuting[1*] TAO Yong[1,3] YIN Jiexin[1] REN Shanmao[1] NI Ligang[1] ZHANG Junsheng[1] ZHOU Chunbao[1]

(1. *Jiangsu Agri-Animal Husbandry Vocational College*, *Taizhou* 225300, *China*; 2. *Jiangsu Provincial Engineering Technology Center of Modern Animal Science and New Veterinary Drugs*, *Taizhou* 225300, *China*; 3. *Jiangsu Sujiang Breeding Pig Co., Ltd.*, *Taizhou* 225300, *China*)

Abstract: This study aimed to evaluate the effects of dietary digestible energy (DE), crude protein (CP) and crude fiber (CF) levels on growth performance, carcass traits and meat quality of fattening *Sujiang* pigs. A total of 162 *Sujiang* pigs with the body weight of (50.49±4.78) kg were selected and randomly assigned to 9 groups with 3 replicates per group and 6 pigs per replicate (half male and half female). The orthogonal experiment design of three factors and three levels were used to formulate 9 different diets with 3 DE levels (11.64, 12.24 and 12.84 MJ/kg), 3 CP levels (12%, 13% and 14%) and 3 CF levels (5%, 8% and 11%). The prefeeding period lasted for 7 days and the feeding period lasted for 42 days. The results showed as follows: 1) the average daily feed intake (ADFI) of pigs in 11.64 MJ/kg DE group was significantly higher than that in 12.24 and 12.84 MJ/kg DE groups ($P<0.05$), but dietary DE level had no significant effects on average daily gain (ADG) and feed/gain （F/G） ($P>0.05$). Dietary CP level had no significant effects on ADFI, ADG and F/G ($P>0.05$). The ADFI, ADG and F/G of pigs in 8% and 11% CF groups were significantly higher （$P<0.05$）, extremely significantly higher （$P<0.01$） and extremely significantly lower （$P<0.01$） than those in 5% CF group, respectively. 2) The dressing percentage and carcass length of pigs in 12.24 MJ/kg DE group were significantly higher than those in 11.64 MJ/kg DE group ($P<0.05$). The average back fat thickness of pigs in 11% CF group was extremely significantly lower than that in 5% CF group ($P<0.01$). 3) The muscle redness value in 12.84 MJ/kg DE group was extremely significantly higher than that in 11.64 and 12.24 MJ/kg DE groups ($P<0.01$). The muscle $pH_{24\ h}$ of pigs in 13% CP group was significantly

lower than that in 12% CP group ($P<0.05$). The intramuscular fat content of pigs in 8% and 11% CF groups were extremely significantly lower than that in 5% CF group ($P<0.01$). In conclusion, the appropriate DE, CP and CF levels in diets for fattening *Sujiang* pigs can be set as 12.84 MJ/kg, 12%, 11%, respectively.

Key words: *Sujiang* pigs; digestible energy level; crude protein level; crude fiber level; growth performance; carcass traits; meat quality

---

*Corresponding author, professor, E-mail: jsfdyc@163.com (责任编辑　菅景颖)